

## Комп'ютерне підтримування виробничих процесів

$$\frac{T_0}{2(p+\beta)ch\sqrt{\frac{p}{a}}\frac{l}{2}} \overset{o}{=} T_0 \frac{2\pi a^2}{l^2} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k (2k+1)(e^{-\beta t} - e^{-\frac{(2k+1)^2 \pi^2 a^2}{l^2} t})}{\frac{(2k+1)^2 \pi^2 a^2}{l^2} - \beta},$$

$$\frac{T_0}{p} \overset{o}{=} T_0.$$

Суммируя в соответствии с (22) полученные оригиналы, получаем

$$T\left(\frac{l}{2}; t\right) = T_0 \left(1 - \frac{4}{\pi} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k+1)} \left(1 - e^{-\frac{(2k+1)^2 \pi^2 a^2}{l^2} t}\right)\right) +$$

$$+ T_0 \frac{2\pi a^2}{l^2} \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k (2k+1) \left( \frac{e^{-\alpha t} - e^{-\frac{(2k+1)^2 \pi^2 a^2}{l^2} t}}{\frac{(2k+1)^2 \pi^2 a^2}{l^2} - \alpha} + \frac{e^{-\beta t} - e^{-\frac{(2k+1)^2 \pi^2 a^2}{l^2} t}}{\frac{(2k+1)^2 \pi^2 a^2}{l^2} - \beta} \right). \quad (23)$$

Ряды в правой части (23) являются сходящимися, поэтому, задавшись погрешностью  $\Delta_T$ , можно всегда рассчитать температуру с необходимой точностью.

1. Привалов И.Н. Введение в теорию функций комплексного переменного. – М.: Наука, 1977. – 444 с.

### ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОСТРУКТУРНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІМІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕСІВ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Смирнов Г.М., \*Смирнова О.С.

Інститут хімічних технологій СХУ ім. В.Даля (м. Рубіжне), [asm777@ukr.net](mailto:asm777@ukr.net)

\*Технологічний інститут СХУ ім. В.Даля (м. Сєверодонецьк), [contact@iht.lg.ua](mailto:contact@iht.lg.ua)

Автоматичні системи керування в хімічній промисловості здатні оптимізувати технологічні процеси. А це, в свою чергу, дозволяє збільшити виробництво продукції, підвищити її якість, економити сировину та енергоносії, зробити виробництво безпечнішим для людей.

Важливим етапом створення автоматичних систем є побудова та вивчення їх імітаційних моделей з метою виявлення важливих закономірностей їхнього функціонування. Відомо, що під час реалізації проектів систем, виявляти помилки в логіці їх роботи бажано ще на початкових стадіях проектування, коли ціна помилки ще не є критичною. Сучасна комп'ютерна техніка надає широкі можливості по створенню імітаційних моделей систем.

Розглянемо як можна ефективно побудувати якісну комп'ютерну модель автоматичної системи? Відомо [1], що в теорії автоматичного регулювання для опису поведінки автоматичних систем використовують диференціальні рівняння, що встановлюють зв'язок між їх вхідними величинами (керувальний вплив, збурення), величинами на виході (регульована величина) та часом. Під час розв'язування задач аналізу та синтезу, автоматична система, для зручності, поділяється на окремі частини, такі, що математична залежність між їх вхідними та вихідними величинами та часом описується диференціальними рівняннями не вище ніж другого порядку. Такі, штучно виокремлені частини автоматичної системи звуться елементарними динамічними ланками. На відміну від елемента системи, динамічна ланка не обов'язково є конструктивно або схемно завершеною частиною системи. Одному елементу системи (наприклад, електричному двигунові) можуть відповідати декілька динамічних ланок.

Під час проектування та аналізу систем автоматики часто послуговуються їх структурними схемами (рис. 1). На таких схемах динамічні ланки подаються як прямокутники з вписаними в них позначками, щодо функціонального призначення кожної з них. Кожна динамічна ланка на структурній схемі має певні входи, виходи та параметри (коефіцієнти рівняння ланки). Зв'язки між динамічними ланками (шляхи передавання інформації) позначаються на структурних схемах за допомогою ліній зі стрілками.

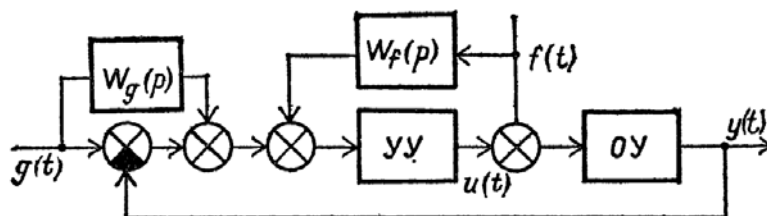


Рис. 1 – Приклад структурної схеми автоматичної системи

На практиці найчастіше використовуються такі типи динамічних ланок: пропорційна, інтегральна, диференціальна, аперіодична, коливальна та запізнювання (затримка). Всі вони добре відомі і вивчені.

Запропонована авторами алгоструктурна технологія проектування [2] полягає у створенні моделей автоматичних систем керування шляхом поєднання в одну систему низки гіпотетичних об'єктів, званих алгоелементами. Кожен алгоелемент має вхідні величини, вихідні величини, параметри налаштування та певний закон функціонування – алгоритм опрацювання вхідної інформації та отримання значень виходів.

Під час розробки алгоструктурної моделі проектувальник додає до проекту потрібні алгоелементи і встановлює структурні та інформаційні зв'язки між ними, а також, здійснює налаштування параметрів окремих елементів. Таким чином, відбувається структурний та параметричний синтези моделі спроектованої технічної системи. При чому, створена алгоструктура своїм виглядом подібна до звичної структурної схеми, що полегшує проектування.

Для проектування засобів автоматики за допомогою алгоструктур потрібно мати алгокомпоненти, що представляють поведінку і властивості елементарних динамічних ланок. На практиці, особливо, за використання цифрової комп'ютерної техніки, диференціальні та інтегральні рівняння слід перетворити таким чином, що би диференціали можна було замінити на т. з. скінченні різниці. Тоді отримане рівняння називатиметься різницеvim рівнянням, або рівнянням у скінченних різницях.

Для деяких, найбільш поширених, динамічних ланок диференціальні рівняння та різницеvі рівняння матимуть вигляд (табл. 1):

Таблиця 1 – Рівняння деяких динамічних ланок

Назва дин. ланки	Диференціальне рівняння	Різницеvе рівняння
Пропорційна	$y(t) = K * x(t)$	$Y_n = K * X_n$
Диференціальна	$y(t) = Td * \frac{dx}{dt}$	$y_n = \frac{Td}{T} * (x_n - x_{n-1})$
Інтегральна	$y(t) = \frac{1}{Ti} * \int_0^t x(t) dt$	$y_n = y_{n-1} + \frac{T}{Ti} * x_n$
Аперіодична	$Tf * \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = K * x(t)$	$y_n = \frac{Tf}{Tf + T} * y_{n-1} + \frac{T}{Tf + T} * x_n$

Оскільки алгоструктура – поняття гіпотетичне, для практичної реалізації проектних процедур, що базуються на використанні алгоструктур, авторами була створена комп'ютерна програма AlgoCAD, що дозволяє:

- створювати та зберігати проект алгоструктури;
- здійснювати навігацію компонентами алгоструктури;
- визначати структуру проекту шляхом додавання алгокомпонентів;
- налаштовувати компоненти алгоструктури;
- будувати ієрархічні функціональні схеми;
- виконувати моделювання в часі поведінки алгоструктури, як імітація поведінки проектованої системи;
- виводити модельну інформацію під час моделювання у зручній для аналізу формі (у вигляді графіків, діаграм, тощо).
- здійснювати документування проектів та результатів моделювання;
- зберігати розроблені алгоструктури, або їх частини, що реалізують вдалі рішення, як бібліотечні компоненти, для використання в інших проектах;
- транслювати логіку побудованої і перевіреної алгоструктурної моделі в форму, придатну для практичного використання. (Наприклад, у текст програми на алгоритмічній мові).

На рис. 2 показано процес створення алгоструктурної моделі ПІД-регулятора. На рис. 3 показано процес вивчення динаміки моделі шляхом побудови перехідного процесу, як реакцію на стрибок вхідної величини, в алгоструктурній моделі автоматичної системи керування з ПІД-регулятором.

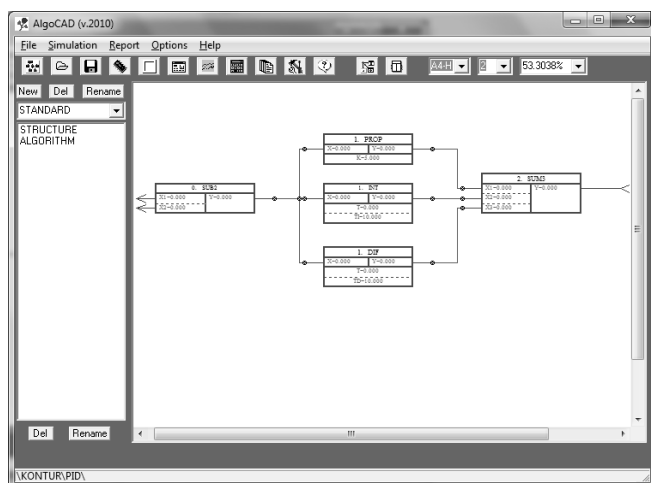


Рис. 2 – Процес розробки алгоструктурної моделі ПІД-регулятора в програмі AlgoCAD

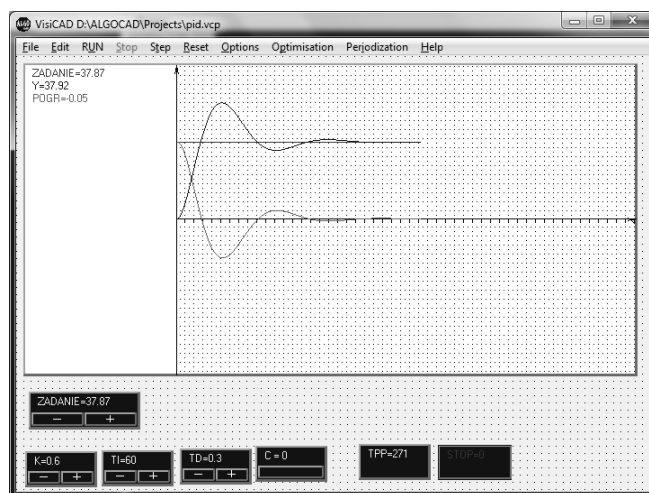


Рис. 3 – Моделювання перехідного процесу в алгоструктурній моделі автоматичної системи керування

Таким чином, алгоструктурна технологія проектування дозволяє за допомогою комп'ютерної техніки ефективно будувати цифрові імітаційні моделі засобів автоматики.

1. Зимодро А.Ф., Скибинский Г.Л. Основы автоматики. Учебное пособие для учащихся электрорадиотехнических и электроприборостроительных специальностей техникумов Л. Энергоатомиздат 1984г. 160 с. + илл.
2. Горбатюк А. Ф. Применение алгоструктурной технологии в компьютерных системах управления: Учеб. пособие / А. Ф. Горбатюк, А. В. Бешкарев. Восточноукр. гос. ун-т. – Луганск : Изд-во ВУГУ, 2000. - 200 с.
3. Смирнов Г. М. Адаптація алгоструктурного методу для проектування цифрових пристроїв комп'ютерних систем керування. Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки. № 10(94)' 2006. с. 81-90.